

# **CARRETERAS DESTAPADAS: NOCIONES DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO - DISEÑO SIMPLIFICADO DE PUENTES**

## **Transporte y Vías**

Este material de autoestudio fue creado en el año 2007 para el programa Ingeniería de Transporte y Vías y ha sido autorizada su publicación por el (los) autor (es), en el Banco de Objetos Institucional de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.



# CARRETERAS DESTAPADAS

## NOCIONES DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO

### -DISEÑO SIMPLIFICADO DE PUENTES-



JAVIER ALEJANDRO FAJARDO NIÑO  
WILSON ERNESTO VIASUS PÉREZ

Director:  
Ing. Msc. DIEGO FERNANDO PÁEZ

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE TRANSPORTE Y VÍAS  
TUNJA  
2007

# CARRETERAS DESTAPADAS NOCIONES DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO -DISEÑO SIMPLIFICADO DE PUENTES-

La realización de este manual forma parte del proyecto:  
**CARRETERAS DESTAPADAS:** grupo de investigación en  
infraestructura vial **GRINFAVIAL** de la **UNIVERSIDAD  
PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA.**

-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-

# OBJETIVOS

- OBJETIVO GENERAL

Establecer una metodología simplificada para el diseño de puentes en concreto de luces entre los 5 y 15 metros en carreteras destapadas; soportada en teorías convencionales de diseño y análisis de las tipologías de puentes para esta clase de vías.

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Plantear una metodología simplificada de diseño de puentes en concreto de luces entre los 5 y 15 metros para carreteras destapadas.
- Recopilar y analizar, características, dimensiones y especificaciones de algunos puentes en concreto utilizados en carreteras destapadas.
- Definir procedimientos a tener en cuenta para diseñar puentes de las luces definidas en carreteras destapadas.
- Recomendar algunas medidas de mantenimiento y construcción para puentes en concreto, en carreteras destapadas.
- Caracterizar y analizar, estructural, funcional y económicamente los diferentes componentes estructurales de puentes de luces cortas en concreto, contruidos para carreteras
- Desarrollar un algoritmo que guíe a través del diseño de los diferentes componentes estructurales de un puente.

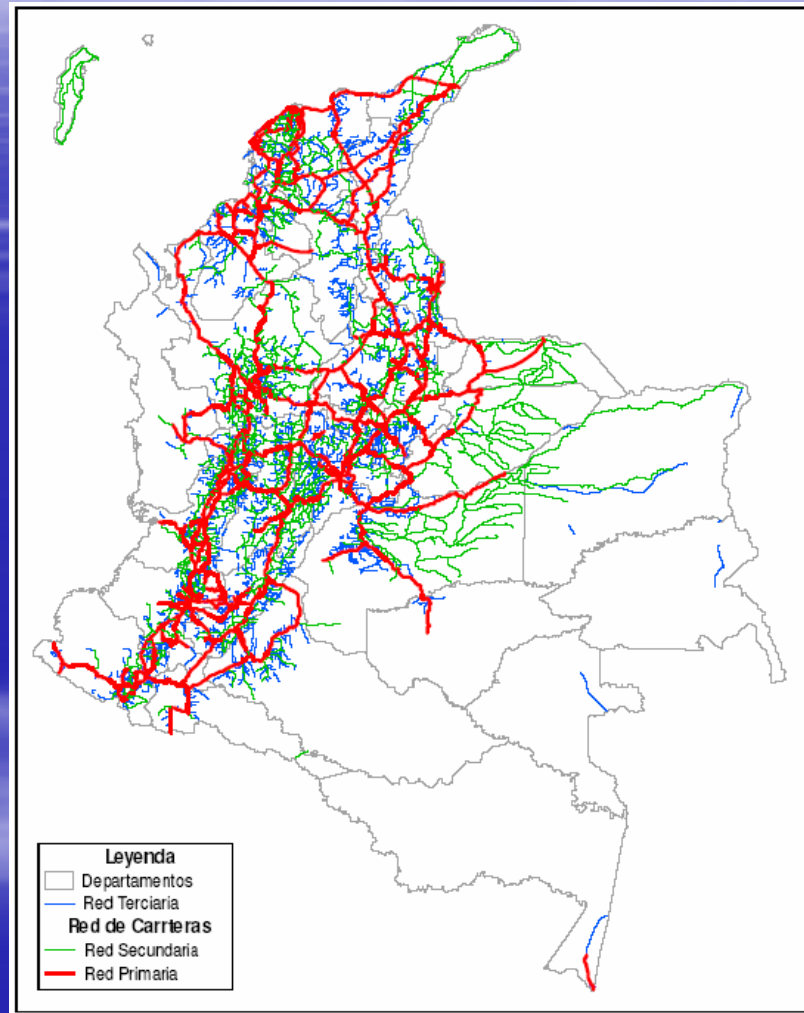


- Modelar por medio de programas computacionales de cálculo estructural los diferentes elementos estructurales que conforman un puente tanto de losa como de losa y vigas, analizando así cargas axiales, cortantes, momentos, torsiones y deflexiones de dichos elementos.
- Realizar iteraciones de diseño de la superestructura de puentes tipo losa maciza y tipo losa y vigas, usando luces entre cinco y quince metros, con el fin de determinar tipologías óptimas entre rangos de luces.
- Igualmente analizar un diseño tipo de estribo que tenga en cuenta la altura y demás variables, las que puedan de alguna forma caracterizar y definir un diseño óptimo.

# CARRETERAS DESTAPADAS

## RED DE CARRETERAS DE COLOMBIA

Figura 1. Red vial de Colombia.



Fuente: Instituto Nacional de Vías – INVIAS, 2005.  
DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES

# ENTIDADES ADMINISTRADORAS DE LA RED VIAL DE COLOMBIA

**Tabla 1. Entidades administradoras de la red vial de Colombia**

ENTIDAD ADMINISTRADORA DE LA RED VIAL	LONGITUD. KM.	PORCENTAJE, %
Instituto Nacional de Vías	16527	10.20
Departamentos	71528	44.14
Municipios	34918	21.55
Caminos Vecinales (INVIAS) <sup>1</sup>	26811	16.55
Privadas	12252	7.56
Total	162036	100.00

**Fuente: INVIAS, 2005.**



# RED VIAL SECUNDARIA Y TERCIARIA DE COLOMBIA

- longitud es de 16527 kilómetros de los cuales 12081 Kilómetros (73.10%) se encuentra pavimentada y 4446 Kilómetros se encuentran en afirmado.

# RED VIAL PAVIMENTADA Y DESTAPADA DE COLOMBIA

Tabla 3. Red vial secundaria y terciaria de Colombia.

ENTIDAD ADMINISTRADORA DE LA RED VIAL	LONGITUD. KM.	PORCENTAJE, %
Departamentos	71528	49.15
Municipios	34918	24.00
Caminos Vecinales (INVIAS)	26811	18.43
Privadas	12252	8.42
Total	145509	100.00

Fuente: INVIAS, 2005.

-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-

# GENERALIDADES SOBRE PUENTES

Un puente es una obra de arte con la que se salva un obstáculo, dando continuidad a una vía conectando dos puntos, los obstáculos a salvar pueden ser otra vía, ya sea carreteable o férrea. Una corriente de agua o una depresión del terreno.

-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-

# GENERALIDADES SOBRE PUENTES

Se pueden clasificar de acuerdo al sistema estructural predominante

- **Isostáticos**
- **Hiperestático**

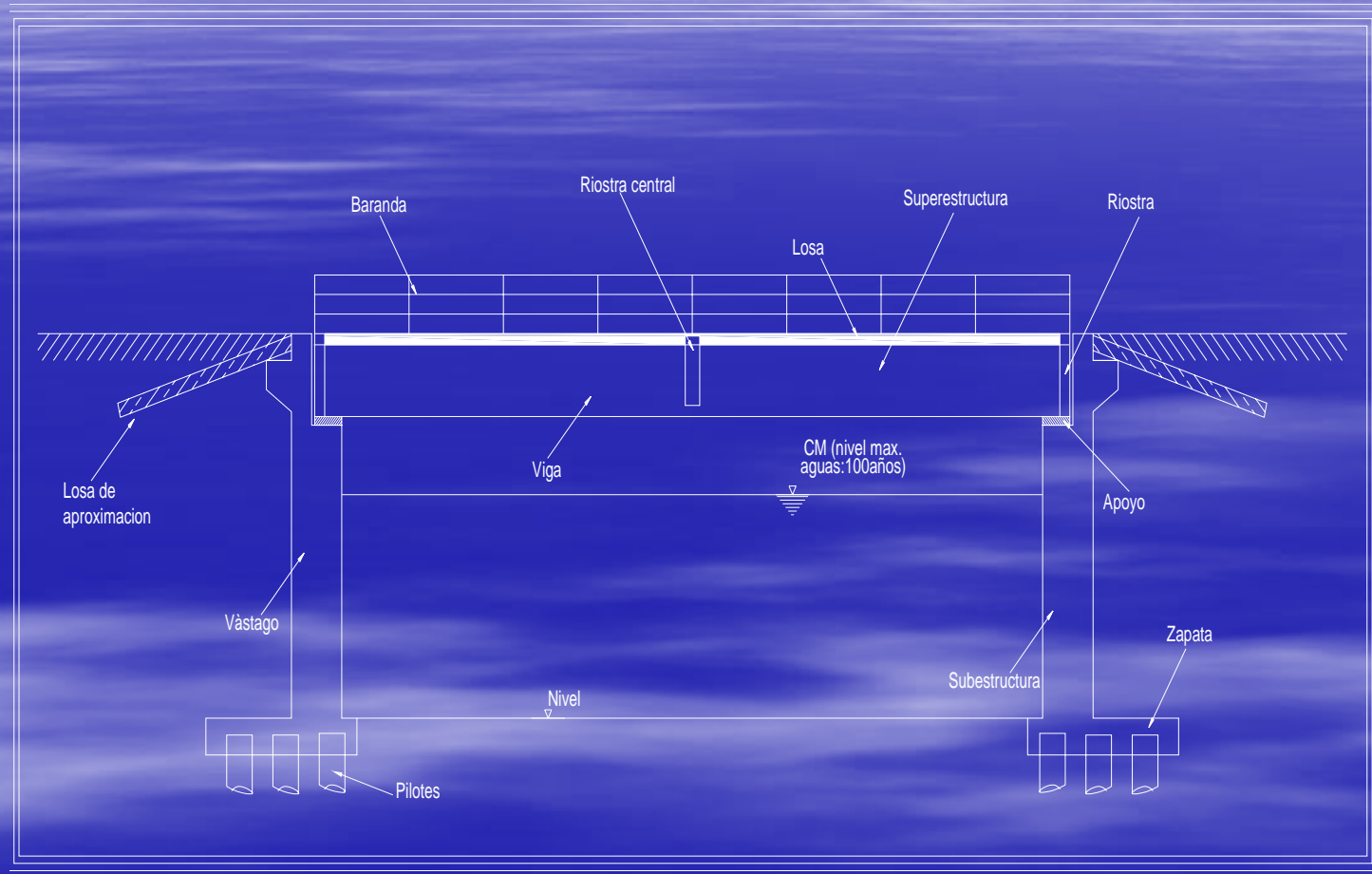
# PARTES DE UN PUENTE

La estructura de un puente esta conformada por dos partes;

- **Subestructura**
- **Superestructura**



# Partes de un puente



-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-

# ESTUDIOS PREVIOS PARA LA REALIZACIÓN DE UN PUENTE

- **Topográfico**
- **Hidráulicos**
- **Estudios hidrológicos**
- **Estudio geológico**
- **Estudio geotécnico**

# GENERALIDADES SOBRE PUENTES

## SOLICITACIONES

- Carga muerta

⊕ Tabla 6 Pesos unitarios de algunos materiales

MATERIAL	PESO ESPECIFICO
Acero	7.85 ton/m <sup>3</sup>
Fundición de hierro	7.20 ton/m <sup>3</sup>
Aleación de aluminio	2.80 ton/m <sup>3</sup>
Madera	0.80 ton/m <sup>3</sup>
Concreto (simple o reforzado)	2.40 ton/m <sup>3</sup>
Materiales pétreos compactados	1.90 ton/m <sup>3</sup>
Materiales pétreos sin compactar	1.60 ton/m <sup>3</sup>
Macadán o grava compactada con cilindro	2.20 ton/m <sup>3</sup>
Escoria	0.95 ton/m <sup>3</sup>
Pavimentos	2.40 ton/m <sup>3</sup>
Mampostería de piedra	2.70 ton/m <sup>3</sup>
Capa de rodadura	45 Kgf/m <sup>2</sup>

Fuente: código colombiano de diseño sísmico de puentes 95 "A.3.3.5."

-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-

# GENERALIDADES SOBRE PUENTES

## SOLICITACIONES

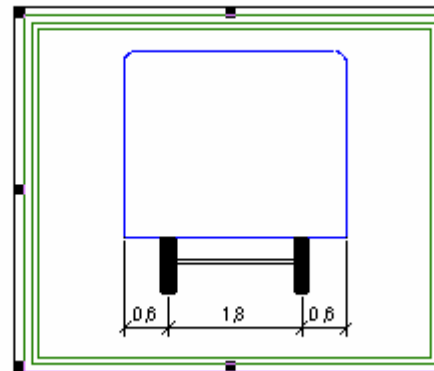
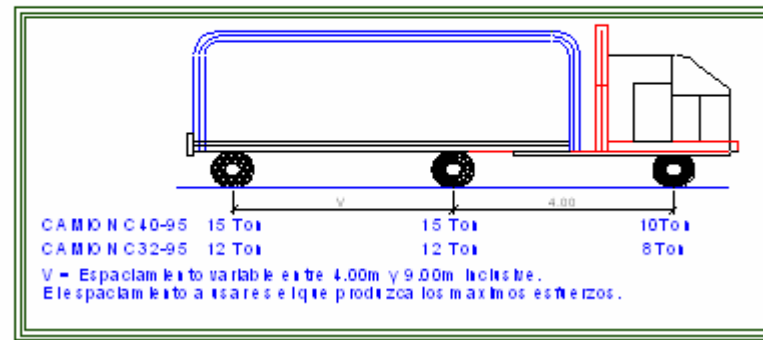
### Cargas Vivas

- Se considera carga viva como toda aquella carga externa aplicada sobre el puente, la cual esta conformada por
  - ⊗ Camion estándar
  - ⊗ Impacto
  - ⊗ Fuerzas longitudinales
  - ⊗ Fuerza centrífuga
  - ⊗ Viento

# GENERALIDADES SOBRE PUENTES

## SOLICITACIONES

Figura 3 Sección longitudinal y transversal de los camiones de diseño



Fuente: Código Colombiano De Diseño Sísmico De Puentes



# GENERALIDADES SOBRE PUENTES

## SECCIÓN TRANSVERSAL

- Carretera terciaria
- Terreno ondulado y velocidad de diseño de 50km/h
- Para un ancho de la calzada de 6.00 m
- Bermas de 0.4 mt para estas mismas características para los dos sentidos longitud total de 0.8 mt
- Ancho del bordillo 0.35 mt
- Total de la sección transversal típica es de 7.5 mt

# PUENTES DE LOSA MACIZA

## GENERALIDADES

Para puentes de losa maciza la sección de diseño considerada es una viga rectangular de 1 m de ancho y la altura,  $h$  es el espesor de la placa.

# PUENTES DE LOSA Y VIGAS

Diseño de puentes de losa y viga debe realizarse primero el diseño del tablero.

- Para puentes de losa y vigas la sección de diseño considerada para el tablero es una viga rectangular de 1 m de ancho y la altura,  $t$ , es el espesor de la placa.

# DISEÑO DE LA SUBESTRUCTURA (ESTRIBO TIPO CANTILEVER)

- Los estribos son los apoyos extremos del puente, además de soportar las solicitaciones de la superestructura sirven de transición entre la estructura y los rellenos de acceso, por lo que se ven afectados por empujes de tierra”.

# PROGRAMAS DE DISEÑO SIMPLIFICADO DE PUENTES

-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-



## LOSA MACIZA



HOJA DE CALCULO  
DE LOSA MACIZA

## LOSA Y VIGAS



HOJA DE CALCULO  
DE LOSA Y VIGAS

-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-

# ESTRIBO CANTILEVER



HOJA DE CALCULO  
DE ESTRIBO

-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-

# ANÁLISIS Y RESULTADOS

Tabla 20. Comparación de datos losa maciza



COMPROBACIÓN DEL METODO SIMPLIFICADO PARA LAS CONDICIONES DADAS EN EJEMPLO DE DISEÑO DE PUENTE LOSA MACIZA			
CAMION DE DISEÑO		C40-95	
LUZ DEL CLARO		4.6 m	
ANCHO DEL APOYO		0.4 m	
ACERO DE REFUERZO ( $f_y$ )		4200 kg/cm <sup>2</sup>	
CONCRETO ( $f'_c$ )		210 kg/cm <sup>2</sup>	
DATOS	CALCULO METODO TRADICIONAL	CALCULO CON SOFTWARE O SAP	MÉTODO SIMPLIFICADO MEDIANTE TABLAS DE EXCEL
MOMENTO POR CARGA MUERTA $M_D$	2.74 Ton.m	2.58 Ton.m	2.74 Ton.m
MOMENTO POR CARGA VIVA MAS IMPACTO $M(L+I)$	8.13 Ton.m	8.2448 Ton.m	8.13 Ton.m
MOMENTO ULTIMO $M_u$	21.21 Ton.m	21.191 Ton.m	21.21 Ton.m

Fuente: El autor

-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-

# ANÁLISIS Y RESULTADOS

⊕ Tabla 21. Comparación de datos puente de losa y vigas

COMPROBACIÓN DEL MÉTODO SIMPLIFICADO PARA LAS CONDICIONES DADAS EN EJEMPLO DE DISEÑO DE PUENTE LOSA Y VIGAS			
CAMION DE DISEÑO		C40-95	
LUZ DEL CLARO		14.6 m	
ANCHO DEL APOYO		0.4 m	
ACERO DE REFUERZO ( $f_y$ )		4200 kg/cm <sup>2</sup>	
CONCRETO ( $f'_c$ )		210 kg/cm <sup>2</sup>	
DATOS	CALCULO MÉTODO TRADICIONAL	CALCULO CON SOFTWARE 0 SAP	MÉTODO SIMPLIFICADO MEDIANTE TABLAS DE EXCEL
MOMENTO POR CARGA MUERTA $M_D$ (EN LA VIGA EXTERIOR)	72.48 Ton.m	67.1556 Ton.m	72.48 Ton.m
MOMENTO POR CARGA VIVA MAS IMPACTO $M(L+I)$ (EN LA VIGA EXTERIOR)	109.84 Ton.m	100.00 Ton.m	109.84 Ton.m
MOMENTO ULTIMO $M_u$ (EN LA VIGA EXTERIOR)	332.7 Ton.m	304.4026 Ton.m	332.7 Ton.m

Fuentes: El autor

-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-

# APOYOS ELASTOMETRICOS

- Según CCDSP “A.0.2.1.” Un apoyo elastometrico es un elemento constituido parcial o completamente de elastómero y cuya finalidad es transmitir cargas y acomodar movimientos entre el puente y su estructura de apoyo. Los procedimientos de diseño de los apoyos de elastómero están basados en carga de servicio, con carga viva sin impacto.
- “El comportamiento de estos apoyos depende de sus características de deformación bajo cargas de servicio. Por esta razón el diseño de los apoyos se lleva a cabo basado en las cargas de servicio no mayoradas”[\[1\]](#)
- El material usado en esta posee la cualidad de regenerarse casi totalmente después de la aplicación de la carga, el neopreno es una goma en la que se insertan láminas metálicas de espesores de entre 1 y 3 mm.



# APOYOS ELASTOMETRICOS

## CARACTERÍSTICAS DE LOS APOYOS DE NEOPRENO

- Los apoyos de neopreno pueden soportar esfuerzos de compresión de 70kg/cm
- La durabilidad del neopreno es superior a la del hule natural. Su vida útil es de 40 años. No necesita mantenimiento en unos 35 años.
- Las deformaciones verticales de apoyo de neopreno no deben exceder el 15% del espesor inicial del mismo. Deformaciones mayores del 25% aceleran el proceso de deterioro del neopreno y afecta su vida útil.
- Los parámetros que definen el comportamiento de los apoyos de neopreno son la dureza y el modulo de elasticidad a cortante G.
- Una norma practica indica que el área del apoyo elastometrico debe tener unas dimensiones tales que el esfuerzo producido sobre el por la acción de la carga muerta mas la carga viva sea como máximo del orden de 60 kg/cm<sup>2</sup>
- La tabla "A.10.2.-1" tomada del CCDSP-5, Contiene la variación del modulo de elasticidad a cortante G del elastómero para diferentes durezas.

# CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN

“Para la fabricación de puentes existen dos grandes procesos constructivos; los procesos “in situ” y los procesos constructivos prefabricados”<sup>[1]</sup>.

Según Juan Carlos Ibagué<sup>10</sup>, para las tipologías de puentes losa maciza, y puentes de losa y vigas, se acostumbra a realizar procesos constructivos “in situ “. Estos procesos se basan en la colocación de una estructura de apoyo, en la que se instalan los encofrados y que estará apoyada sobre cimbras, puntales o torres de carga, que a sus vez estarán apoyados en el suelo, transmitiendo las cargas del peso propio así como del peso de la estructura. Se consideran dos tipos de obra falsa, la parcial y la completa, su utilización depende de las características del puente así como de su entorno; topografía, régimen hidráulico, posibilidad de desviar el tráfico vehicular durante la construcción.

<sup>[1]</sup> 10 METODOLOGÍAS DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS IN SITU DE PUENTES EN CONCRETO, JUAN CARLOS IBAGUÉ PINILLA, UPTC.2006.

# INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO

La inspección visual se realiza a todos los componentes de la estructura, el Instituto Nacional De Vías “INVÍAS” presenta el **MANUAL PARA LA INSPECCIÓN DE PUENTES** del año 2006 que es la herramienta a utilizar por el ingeniero que realizará la patología, y poder definir las actividades de mantenimiento a realizar.

La inspección involucra todos los componentes de la estructura, cimentación, estribos, pilotes, apoyos, vigas, tableros, barandas, drenaje, etc.

# DAÑOS PRESENTADOS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO

- **Daños por diseño**

Fisuras

Aplastamiento local

Asentamientos

Volcamiento

Vibración excesiva



## ■ Daños por construcción

Hormigueros

Segregación

Fisuración por retracción

Construcción inadecuada de juntas  
frías

Recubrimiento inadecuado

Exposición de acero de refuerzo

## ■ Daños durante el funcionamiento

Infiltración

Carbonatación

Corrosión de la armadura

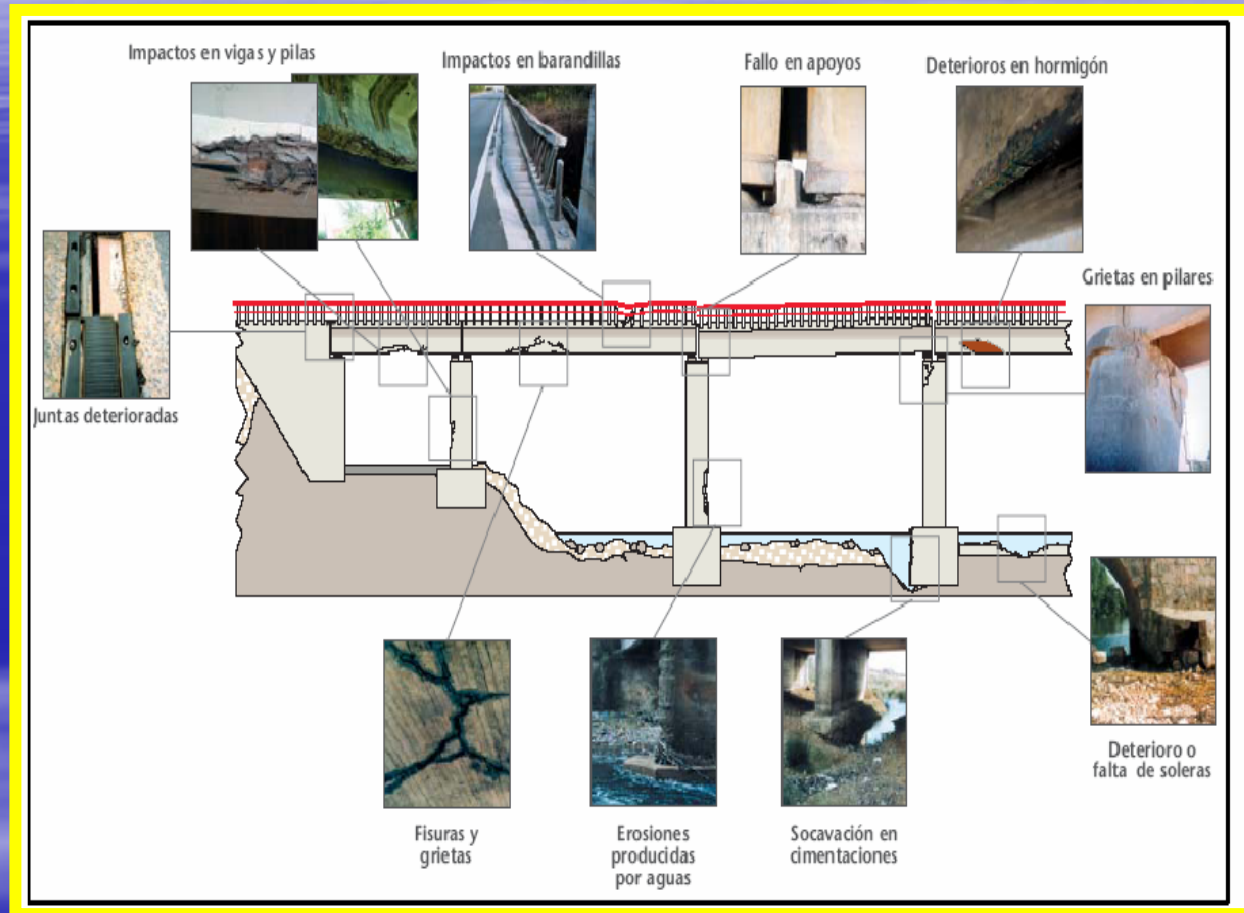
Contaminación del concreto

Fallas por impacto

Socavación



# Síntesis de daños



-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-

# MANTENIMIENTO

Las actividades de mantenimiento dependen fundamentalmente de la valoración y nivel de profundización de la inspección, con la información obtenida de la patología estructural se entra a definir procesos de restauración, refuerzo o mantenimiento menor. En carreteras destapadas se debe considerar el arrastre de las partículas de la superficie de rodadura y la acción que tiene esta sobre algunos de los elementos del puente tales como juntas, apoyos y drenajes, estos además de los daños ya mencionados, incluyendo las labores de mantenimiento estético del puente como la pintura en las barandas, señalización etc.

# INFORME DE VISITA A PUENTES EN CARRETERAS DESTAPADAS

- Se realizó la visita de algunos puentes en carreteras destapadas buscando definir dimensiones y características de estos, así como el estado actual, con la intención de tener objetividad para plantear algunos conceptos de mantenimiento en estas estructuras según las condiciones a las que está expuesto.

# GENERALIDADES DE LAS ESTRUCTURAS OBSERVADAS

- Las estructuras hacen parte de la vía Tunja –Zetaquirá, vía a la cual se le ha realizado el diseño para mejorar sus condiciones geométricas así como su superficie de rodadura, de este trayecto ya se encuentra en construcción algunos tramos.
- Las estructuras observadas se encuentran en la actualidad con superficie de rodadura en afirmado, son puentes isostáticos, de una luz, con longitud de entre los 5 y 15m en concreto reforzado, puentes rectos, que aparentemente llevan ya varios años de servicio y que sobrepasan corrientes hídricas.



# PUENTE SOBRE LA QUEBRADA LA CALDERONA



-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-

# PUENTE SOBRE LA QUEBRADA LA CALDERONA



-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-



# PUENTE SOBRE LA QUEBRADA PORRAS



-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-

# PUENTE SOBRE LA QUEBRADA PORRAS



-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-



# PUENTE EN EL Km. 74 VÍA TUNJA ZETAQUIRA QUEBRADA LA RUSA



-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-

# PUENTE EN EL Km. 74 VÍA TUNJA ZETAQUIRA QUEBRADA LA RUSA



-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-

# RESULTADOS

- De los puentes inspeccionados se pudo observar que no se les realiza un mantenimiento a las estructuras por lo que presentan algunos daños, tales como fisuras, desprendimientos del concreto. Acero de refuerzo expuesto y corrosión en el acero de refuerzo.
- La superestructura descansa directamente sobre el estribo, ninguno de estos presenta apoyos elastometricos.
- Dada la superficie de rodadura el material se introduce en las juntas y permanece allí.
- No presenta desagües.
- Algunos no tiene baranda lo que estéticamente da la sensación de inseguridad en el puente.

# RECOMENDACIONES

- De la observación de los puentes inspeccionados se puede recomendar realizar un estudio patológico a estructuras de este tipo con el fin de determinar los daños más frecuentes presentados en estas estructuras así como plantear soluciones a estos.
- Es necesario llevar las estructuras existentes a soportar las especificaciones dadas por el Código Colombiano Sísmico De Puentes, a lo que la investigación sobre estas estructuras se puede extender a un ámbito mas profundo buscando ofrecer a la comunidad que se beneficie de la vía estructuras confiables y seguras.



- Se recomienda que los resultados obtenidos de el proceso simplificado desarrollado, se utilicen como consideraciones iniciales de diseño, es decir en la fase inicial del proyecto. Sin obviar el uso de otras herramientas utilizables, tales como software especializados en el cálculo de estructuras así como métodos tradicionales de diseño.

# CONCLUSIONES

- Dada la extensión de la red vial destapada se hace necesario una metodología para la construcción y mantenimiento de esta, los puentes como parte fundamental de la infraestructura debe garantizar su funciónabilidad y duración y esto se logra mediante un diseño apropiado de los elementos del puente, rigiéndose por la reglamentación vigente Código Colombiano De Diseño Sísmico de Puentes del año 1995.
- Mediante la utilización de hojas de calculo basadas en los procedimientos típicos de diseño de puentes y planteando una sección transversal típica, se ha logrado obtener unas tablas en las que el diseñador podrá definiendo la luz del claro, obtener las dimensiones de la estructura a utilizar y seleccionar la estructura mas conveniente a utilizar.

- De la iteración y de la comparación de estas tablas con ejercicios diseñados de forma tradicional y mediante un software de diseño se comprobó que los valores obtenidos de las tablas son aproximadamente iguales, Los valores obtenidos mediante estas tablas, aunque se han regido a las especificaciones del CCDSP 95 se deben tomar con precaución, .
- Usando la metodología descrita durante el desarrollo de este proyecto se garantiza que la estructura este sujeta a la reglamentación y parámetros dados por el CCDSP.
- Los puentes observados presentan grandes problemas tanto del tipo estructural como estético, esto se puede concluir con base en las múltiples fallas que estos presentan, posiblemente por falta de mantenimiento en estas estructuras..

# RECOMENDACIONES

- De la observación de los puentes inspeccionados se puede recomendar realizar un estudio patológico a estructuras de este tipo con el fin de determinar los daños más frecuentes presentados en estas estructuras así como plantear soluciones a estos.
- Es necesario llevar las estructuras existentes a soportar las especificaciones dadas por el Código Colombiano Sísmico De Puentes, a lo que la investigación sobre estas estructuras se puede extender a un ámbito mas profundo buscando ofrecer a la comunidad que se beneficie de la vía estructuras confiables y seguras.
- Se recomienda que los resultados obtenidos de el proceso simplificado desarrollado, se utilicen como consideraciones iniciales de diseño, es decir en la fase inicial del proyecto. Sin obviar el uso de otras herramientas utilizables, tales como software especializados en el cálculo de estructuras así como métodos tradicionales de diseño.



# GRACIAS

-DISEÑO SIMPLIFICADO DE  
PUENTES-